

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-142488

(43)Date of publication of application : 17.05.2002

(51)Int.Cl.

H02P 6/08

H02P 21/00

H02P 9/14

(21)Application number : 2000-334595

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 01.11.2000

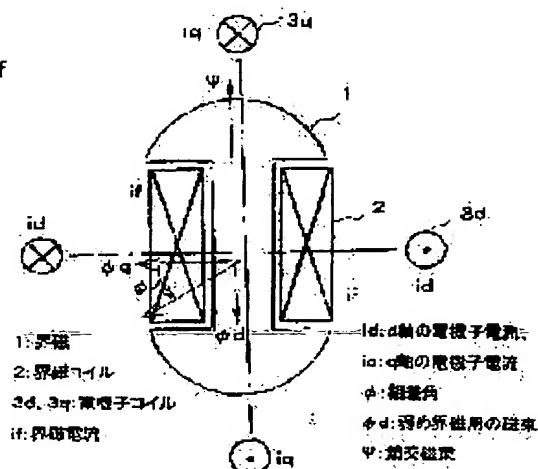
(72)Inventor : NISHIMURA SHINJI
YAMAMOTO TSUNENORI

(54) CONTROL METHOD OF CLAW-POLE SYNCHRONOUS MACHINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a control method of claw-pole synchronous machine in which controllability is enhanced without causing increase in size and cost.

SOLUTION: In the method for controlling a claw-pole synchronous machine by combining the vector control and field current control of armature voltage and armature current by an inverter power supply, field current control is performed based on the demand power generation output and the rotational speed of the claw-pole synchronous machine when the claw-pole synchronous machine is operated as a generator and field-weakening control is performed with an armature current i_d by controlling the magnitude and the phase difference angle ϕ of the armature current i_d .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

19.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3545693

[Date of registration]

16.04.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-142488

(P2002-142488A)

(43) 公開日 平成14年5月17日 (2002.5.17)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

H 0 2 P 6/08

H 0 2 P 9/14

G 5 H 5 6 0

21/00

3 2 1 Q 5 H 5 7 6

9/14

C 5 H 5 9 0

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-334595 (P2000-334595)

(22) 出願日 平成12年11月1日 (2000.11.1)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 西村 慎二

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 山本 恒宣

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100057874

弁理士 曾我 道照 (外6名)

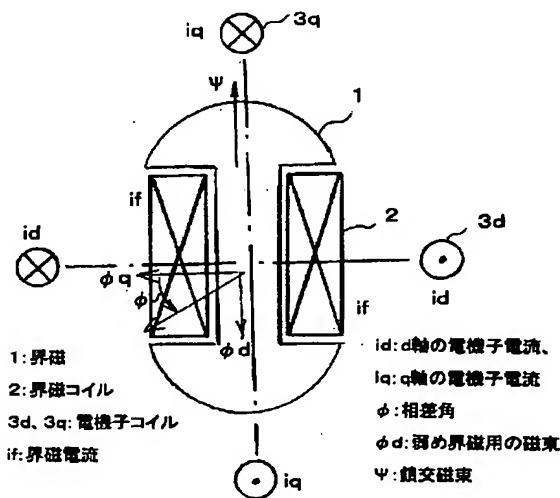
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 クローボール同期機の制御方法

(57) 【要約】

【課題】 大形化およびコストアップを招くことなく制御性を向上させたクローボール同期機の制御方法を得る。

【解決手段】 インバータ電源による電機子電圧および電機子電流のベクトル制御と界磁電流制御とを組み合わせるクローボール同期機を制御する方法において、クローボール同期機を発電機として運転する場合は、クローボール同期機の要求発電出力および回転速度に基づいて界磁電流制御を行うとともに、電機子電流 i_d の大きさおよび相差角 ϕ を制御して、電機子電流 i_d による弱め界磁制御を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 インバータ電源による電機子電圧および電機子電流のベクトル制御と界磁電流制御とを組み合わせるクロール同期機を制御する方法において、前記クロール同期機を発電機として運転する場合は、前記クロール同期機の要求発電出力および回転速度に基づいて前記界磁電流制御を行うとともに、前記電機子電流の大きさおよび相角度を制御して、前記電機子電流による弱め界磁制御を行うことを特徴とするクロール同期機の制御方法。

【請求項2】 前記クロール同期機を発電機として運転する場合は、前記クロール同期機の要求発電出力および回転速度に対応して、前記クロール同期機の界磁電流および電機子電流の大きさと前記電機子電流の相角度の指令値とを関連付けた指令値マップをあらかじめ記憶し、前記指令値マップを参照することにより、前記クロール同期機に通電すべき界磁電流および電機子電流の大きさと前記電機子電流の相角度の指令値を決定することを特徴とする請求項1に記載のクロール同期機の制御方法。

【請求項3】 前記指令値マップは、前記電機子電流の相角度の指令値が、前記要求発電出力を最高効率で得るような値に設定されたことを特徴とする請求項2に記載のクロール同期機の制御方法。

【請求項4】 インバータ電源による電機子電圧および電機子電流のベクトル制御と界磁電流制御とを組み合わせるクロール同期機を制御する方法において、前記クロール同期機を電動機として運転する場合は、前記クロール同期機により発生すべき要求トルクおよび回転速度に基づいて前記界磁電流制御を行うとともに、前記電機子電流の大きさおよび相角度を制御して、前記電機子電流による弱め界磁制御を行うことを特徴とする

$$T_e = 3 \{ \Psi \cdot i_q + (L_d - L_q) i_d \cdot i_q \} \dots (1)$$

【0005】ただし、(1)式において、 Ψ は界磁電流 i_f により決定する全磁束鎖交数、 L_d および L_q は $d-q$ 軸に変換された同期インダクタンスであり、 $\Psi \cdot i_q$ は磁束 Ψ により発生するトルク、 $(L_d - L_q) i_d \cdot i_q$ はリラクタンストルクである。

【0006】なお、 d 軸は界磁磁極方向と一致した直軸方向、 q 軸は界磁磁極方向に対して垂直な横軸方向を示している。また、 i_d および i_q は $d-q$ 軸に変換されたベクトル制御用の電機子相電流であり、 $d-q$ 軸に変換される前の電機子電流 i (相電流) に対して、以下の

$$P_g = 3 \{ \omega \cdot \Psi \cdot i_q + i^2 R + \omega (L_d - L_q) i_d \cdot i_q \} \dots (3)$$

【0010】ただし、(3)式において、 ω は回転速度に対応した電氣的角速度、 R は電機子各相抵抗値であ

クロール同期機の制御方法。

【請求項5】 前記クロール同期機を電動機として運転する場合は、前記クロール同期機の要求トルクおよび回転速度に対応して、前記クロール同期機の界磁電流および電機子電流の大きさと前記電機子電流の相角度の指令値とを関連付けた指令値マップをあらかじめ記憶し、前記指令値マップを参照することにより、前記クロール同期機に通電すべき界磁電流および電機子電流の大きさと前記電機子電流の相角度の指令値を決定することを特徴とする請求項4に記載のクロール同期機の制御方法。

【請求項6】 前記指令値マップは、前記電機子電流の相角度の指令値が、前記要求トルクを最高効率で得るような値に設定されたことを特徴とする請求項5に記載のクロール同期機の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、三相の発電機および電動機として運転されるクロール同期機の制御方法に関し、特に電機子電流による弱め界磁制御を行うことにより、大形化およびコストアップを招くことなく制御性を向上させたクロール同期機の制御方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、車両エンジンには、発電機および電動機として運転される三相同期機が搭載されており、この種の三相同期機をインバータ電源で駆動する際に、ベクトル制御と界磁電流制御とを組み合わせる制御する方法は、たとえば特開平8-182380号公報に記載されているように知られている。

【0003】ここで、三相同期機を電動機として運転した場合の発生トルク T_e は、以下の(1)式により与えられる。

【0004】

(2)式の関係を満たしている。

$$i^2 = i_d^2 + i_q^2 \dots (2)$$

【0008】電機子電流 i は、実際には三相電流であるが、これと同じ起電力を得る二相電流に置き換え、さらに、界磁方向の d 軸および d 軸に直交する q 軸の相電流 i_d および i_q に置き換えて示す。一方、三相同期機を発電機として運転した場合の発電出力 P_g は、以下の(3)式により与えられる。

【0009】

る。なお、上記各式において、各符号は電動機運転の場合を正極性としている。

【0011】一般に、突極形の磁極を有する同期機の場合、同期インダクタンス L_d および L_q の関係は、以下の(4)式を満たすことが知られている。

$$【0012】L_d > L_q \quad \dots (4)$$

【0013】また、円筒形の磁極を有する同期機の場合、同期インダクタンス L_d および L_q の関係は、以下の(5)式を満たすことが知られている。

$$【0014】L_d = L_q \quad \dots (5)$$

【0015】さらに、逆突極(埋込)形の磁極を有する同期機の場合、図5に示すように、磁石を含む d 軸(磁極 NS 方向)の透磁率よりも、鉄などの磁性材を含む q 軸(磁極 NS に対して垂直方向)の透磁率の方が大きいので、同期インダクタンス L_d および L_q の関係は、以下の(6)式を満たすことが知られている。

$$【0016】L_d < L_q \quad \dots (6)$$

【0017】上記(1)式および(3)式から明らかに、(4)式または(5)式を満たす突極形または円筒形の磁極を有する同期機の場合には、同一の電機子

$$V = \sqrt{\{(\omega \cdot \Psi + \omega \cdot L_d \cdot i_d + R \cdot i_q)^2 + (\omega \cdot L_q \cdot i_q - R \cdot i_d)^2\}} \quad \dots (7)$$

【0022】上述した電機子電流による弱め界磁とは、(7)式で与えられる端子電圧 V をインバータ制御可能な値に調整するため、電機子の逆起電力 $E (= \omega \cdot \Psi)$ に対して逆方向の磁束を発生するように、電機子の直軸電流 i_d を反対方向に流すことを意味している。

【0023】したがって、電機子直軸電流 i_d は、界磁電流 i_f により発生する磁界に対して反対方向磁束を発生するように流れる。なお、電機子逆起電力 E と電機子電流との相差角を ϕ とすると、直軸電流 i_d および横軸電流 i_q は、それぞれ、以下の(8)式および(9)式のように表される。

$$【0024】i_d = i \cdot \sin \phi \quad \dots (8)$$

$$i_q = i \cdot \cos \phi \quad \dots (9)$$

【0025】従来制御方法においては、電機子電流 i を直軸分 i_d と横軸分 i_q とに分けてインバータ制御する場合、逆突極特性を持つ(内部磁石埋込形の)永久磁石同期機以外は、電機子電流 i による弱め界磁制御は行われていない。

【0026】したがって、クローポール同期機の変速制御においては、 $i_d = 0$ による制御、すなわち、電機子逆起電力 E と電機子電流 i を同相とする制御のみが行われており、電機子電流 i による弱め界磁制御は行われていない。

【0027】

【発明が解決しようとする課題】従来のクローポール同期機の制御方法は以上のように、電機子電流の相差角 ϕ の調整による弱め界磁を実行していないので、トルクまたは発電出力を大きくするためには界磁電流または電機子電流を増大制御する必要があり、この結果、同期機が大形化するうえ電源容量も増大させなければならないと

相電流 i において、同期機を直軸電流 $i_d = 0$ で制御したときに、電動機運転の場合には最大トルクが得られ、発電機運転した場合には最大出力が得られる。

【0018】また、上記(6)式を満たす逆突極(埋込)形の磁極を有する同期機の場合には、弱め界磁と称される負極性の直軸電流 $i_d (< 0)$ で制御したときに、電動機運転時に最大トルクが得られ、発電機運転時に最大出力が得られる。

【0019】なお、クローポール同期機の場合は、磁極が突極であって上記(4)式を満たすことから、直軸電流 $i_d = 0$ の制御を行い、電機子電流による弱め界磁制御は行われていない。

【0020】ところで、同期機の端子電圧 V は、回転速度 ω と、界磁電流 i_f による発生磁束および電機子コイル間の鎖交磁束 Ψ と、電機子のインダクタンス L_d および抵抗値 R とに応じて増減し、以下の(7)式のように表される。

【0021】

いう問題点があった。

【0028】この発明は上記のような問題点を解決するためになされたもので、電機子電流による弱め界磁制御を行うことにより、大形化およびコストアップを招くことなく制御性を向上させたクローポール同期機の制御方法を得ることを目的とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】この発明の請求項1に係るクローポール同期機の制御方法は、インバータ電源による電機子電圧および電機子電流のベクトル制御と界磁電流制御とを組み合わせるクローポール同期機を制御する方法において、クローポール同期機を発電機として運転する場合は、クローポール同期機の要求発電出力および回転速度に基づいて界磁電流制御を行うとともに、電機子電流の大きさおよび相差角を制御して、電機子電流による弱め界磁制御を行うものである。

【0030】また、この発明の請求項2に係るクローポール同期機の制御方法は、請求項1において、クローポール同期機を発電機として運転する場合は、クローポール同期機の要求発電出力および回転速度に対応して、クローポール同期機の界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流の相差角の指令値とを関連付けた指令値マップをあらかじめ記憶し、指令値マップを参照することにより、クローポール同期機に通電すべき界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流の相差角の指令値を決定するものである。

【0031】また、この発明の請求項3に係るクローポール同期機の制御方法は、請求項2において、指令値マップは、電機子電流の相差角の指令値が、要求発電出力を最高効率で得るような値に設定されたものである。

【0032】また、この発明の請求項4に係るクローボール同期機の制御方法は、インバータ電源による電機子電圧および電機子電流のベクトル制御と界磁電流制御とを組み合わせクローボール同期機を制御する方法において、クローボール同期機を電動機として運転する場合は、クローボール同期機により発生すべき要求トルクおよび回転速度に基づいて界磁電流制御を行うとともに、電機子電流の大きさおよび相差角を制御して、電機子電流による弱め界磁制御を行うものである。

【0033】また、この発明の請求項5に係るクローボール同期機の制御方法は、請求項4において、クローボール同期機を電動機として運転する場合は、クローボール同期機の要求トルクおよび回転速度に対応して、クローボール同期機の界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流の相差角の指令値とを関連付けた指令値マップをあらかじめ記憶し、指令値マップを参照することにより、クローボール同期機に通電すべき界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流の相差角の指令値を決定するものである。

【0034】また、この発明の請求項6に係るクローボール同期機の制御方法は、請求項5において、指令値マップは、電機子電流の相差角の指令値が、要求トルクを最高効率で得るような値に設定されたものである。

【0035】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 以下、図面を参照しながら、この発明の実施の形態1について詳細に説明する。図1はこの発明の実施の形態1が適用されるクローボール同期機の磁極を簡略化して示す説明図である。

【0036】図1において、1はロータとして機能する界磁であり、煩雑さを回避するため、便宜的に2極のみが示されている。2は界磁1に巻かれた界磁コイルであり、界磁電流 i_f が供給されることにより、界磁1を励磁してd軸方向の鎖交磁束 Ψ を発生させる。

【0037】3dおよび3qはステータとして機能する電機子コイルであり、界磁1の周囲に配設されている。d軸用の電機子コイル3dは、弱め界磁用の電機子電流 i_d により磁束 ϕ_d を発生し、q軸用の電機子コイル3qは、電機子電流 i_q により磁束 ϕ_q を発生する。

【0038】各電機子コイル3d、3qにより発生された磁束 ϕ_d および ϕ_q は、合成されてq軸に対する相差角 ϕ の磁束となり、界磁1と関連してトルクまたは発電出力を発生させる。

【0039】すなわち、クローボール同期機を発電機として運転する場合は、クローボール同期機の要求発電出力および回転速度に基づいて界磁電流制御を行うとともに、電機子電流の大きさおよび相差角を制御して、電機子電流による弱め界磁制御を行う。

【0040】また、この場合、クローボール同期機の要求発電出力および回転速度に対応して、クローボール同期機の界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流

の相差角の指令値とを関連付けた指令値マップをあらかじめ記憶し、指令値マップを参照することにより、クローボール同期機に通電すべき界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流の相差角の指令値を決定する。

【0041】一方、クローボール同期機を電動機として運転する場合は、クローボール同期機により発生すべき要求トルクおよび回転速度に基づいて界磁電流制御を行うとともに、電機子電流の大きさおよび相差角を制御して、電機子電流による弱め界磁制御を行う。

【0042】また、この場合、クローボール同期機の要求トルクおよび回転速度に対応して、クローボール同期機の界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流の相差角の指令値とを関連付けた指令値マップをあらかじめ記憶し、指令値マップを参照することにより、クローボール同期機に通電すべき界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流の相差角の指令値を決定する。

【0043】指令値マップは、クローボール同期機を発電機として運転する場合には、電機子電流の相差角の指令値が、要求発電出力を最高効率で得るような値に設定されており、クローボール同期機を電動機として運転する場合には、電機子電流の相差角の指令値が、要求トルクを最高効率で得るような値に設定されている。

【0044】図2はクローボール同期機を電動機として運転する場合の弱め界磁制御による動作特性を示す説明図であり、横軸は界磁電流 i_f 、縦軸はd軸方向の鎖交磁束 Ψ である。図2のように、界磁電流 i_f に対する鎖交磁束 Ψ は、途中から飽和特性を示す。

【0045】図2において、Mは界磁コイル2と電機子コイル3（3dおよび3q）との相互インダクタンス、 i_f0 および $\Psi0$ は弱め界磁なし（ $i_d=0$ ）の場合の磁束動作点、 i_f1 および $\Psi1$ は弱め界磁用の電機子電流 $i_d(<0)$ を流した場合の磁束動作点、 M_{if} は鎖交磁束 $\Psi1$ の動作点からリニア特性（相互インダクタンスMの傾き）にしたがって得られる仮想磁束である。

【0046】次に、図1および図2を参照しながら、この発明の実施の形態1による弱め界磁制御方法について、クローボール同期機が電動機の場合を例にとりて具体的に説明する。

【0047】まず、図2において、電機子電流 $i_d=0$ の場合での鎖交磁束 $\Psi0$ によるクローボール同期機（電動機）の発生トルク T_e （便宜的に単相と見なす）は、上記（1）式から、以下の（10）式のように表される。

$$\text{【0048】 } T_e = \Psi_0 \cdot i_q \quad \dots (10)$$

【0049】ここで、弱め界磁用の負極性の電機子電流 i_d を流すと、磁気回路での鎖交磁束は $\Psi1$ （図2参照）となるが、仮想的には $\Psi0$ のみであり、トルク T_e は、上記（1）から、以下の（11）式のように表される。

【0050】

$$T_e = \Psi_o \cdot i_q + (L_d - L_q) i_d \cdot i_q \quad \dots (11)$$

【0051】すなわち、 $L_d - L_q = 0$ であれば、電機子電流 i_d によりリラクタンストルクが変化せず、(11)式から得られる発生トルク T_e は、(10)式と同一の値となる。

【0052】ここで、界磁コイル2に界磁電流 i_f を流した場合、鎖交磁束 Ψ_f は、電機子コイル3との相互インダクタンス M を用いて、以下の(12)式のように表される。

$$\Psi_f = M \cdot i_f \quad \dots (12)$$

【0054】(12)式から、 $i_d = 0$ での相互インダクタンス M_o は、以下の(13)式のように表される。

$$M_o = \Psi_o / i_f \quad \dots (13)$$

【0056】したがって、(13)式を用いて(10)式を書き直せば、 $i_d = 0$ での発生トルク T_e は、以下の(14)のように表される。

$$\text{【0057】}$$

$$T_e = M_o \cdot i_f \cdot i_q \quad \dots (14)$$

【0058】次に、負極性の電機子電流 i_d を流した場合

$$\begin{aligned} (L_d - L_q) i_d \cdot i_q &= L_d \cdot i_d \cdot i_q - L_q \cdot i_d \cdot i_q \\ &= \Psi_d \cdot i_q - \Psi_q \cdot i_d \quad \dots (18) \end{aligned}$$

【0066】したがって、電機子電流 i_d による磁束 Ψ_d は、 $i_d = 0$ における磁束 Ψ_o の外側に考慮される。また、 $i_d = 0$ における磁束 Ψ_o は、図2のように磁気飽和により低下しているの、飽和前の領域の近傍まで電機子電流 i_d を流した状態で、 $i_d = 0$ での磁束 Ψ を考慮すれば、界磁電流 i_f と磁束 Ψ とが線形関係となる特性直線上の動作点(図2内の $M \cdot i_f$ 参照)と見なされる。

【0067】すなわち、電機子電流 i_d による弱め界磁制御は、実質的に界磁電流 i_f を低減させることにより、図2内の動作点を、 $i_d = 0$ での磁束 Ψ_o から Ψ_1 まで変化させ、仮想的に磁気飽和をなくしたことになる。

【0068】なお、上記説明では、 q 軸の電機子電流 i_q を固定値と見なしたが、電流値を一定として相角 ϕ (図1参照)を振ることにより、電機子電流 i_q が若干減少し、 d 軸の電機子電流 i_d が磁気飽和の影響を減少させて磁束 Ψ を増大させ、総合的な発生トルク T_e が増大することになる。

【0069】図3はクローポール同期機を発電機として用いた場合の特性図であり、回転速度、界磁電流 i_f および端子電圧 V を一定として、電機子電流 i の大きさを変えずに相角 ϕ のみを変えたときに測定される発電出力を、弱め界磁用の電機子電流 i_d を流した場合の相角 ϕ と発電出力トルク P_e との関係により示している。

【0070】図4はクローポール同期機を電動機として用いた場合の特性図であり、回転速度、界磁電流 i_f および端子電圧 V を一定として、電機子電流 i の大きさを

合、相互インダクタンス M_1 は、以下の(15)式のように表される。

$$\text{【0059】}$$

$$M_1 = \Psi_1 / (i_f + i_d) \quad \dots (15)$$

【0060】この場合、発生トルク T_e は、(14)式と同様に、以下の(16)式のように表される。

$$\text{【0061】}$$

$$T_e = M_1 \cdot i_f \cdot i_q \quad \dots (16)$$

【0062】(16)式から、負極性(弱め界磁制御)の電機子電流 i_d を流した場合の仮想磁束 Ψ_d は、上記(12)式と同様に、以下の(17)式のように表される。

$$\text{【0063】} \Psi_d = M \cdot i_f \quad \dots (17)$$

【0064】なお、上記(11)式内のリラクタンストルク $(L_d - L_q) i_d \cdot i_q$ は、以下の(18)式のように表される。

$$\text{【0065】}$$

変えずに相角 ϕ のみを変えたときに測定される発生トルクを、弱め界磁用の電機子電流 i_d を流した場合の相角 ϕ と出力トルク T_e との関係による示している。

【0071】図3において、クローポール同期機を発電機として用いた場合、相角 $\phi = \alpha$ ($\approx 22^\circ$)としたときの発電出力は、相角 $\phi = 0 [^\circ]$ の場合の発電出力よりも約15%だけ増大されている。

【0072】また、図4において、クローポール同期機を電動機として用いた場合、相角 $\phi = \beta$ ($\approx 10^\circ$)としたときの出力トルクは、相角 $\phi = 0 [^\circ]$ の場合の発電出力よりも約10%だけ増大されている。

【0073】図3および図4から明らかなように、電機子電流 i_d による弱め界磁制御を行うことにより、発電機出力 P_e および電動機出力トルク T_e を大きくすることができる。

【0074】このことは、界磁電流 i_f のみを低減させる(鎖交磁束 Ψ を低減させる)ことにより、端子電圧 V をインバート制御可能な範囲に調整する従来技術と比べて、界磁電流 i_f の調整自由度を顕著に拡大するとともに、クローポール同期機を高回転領域まで高発電出力および高出力トルクで使用できることを意味している。

【0075】したがって、電機子電流 i_d による弱め界磁制御を行うことにより、クローポール同期機を電動機または発電機として使用する場合においても、同一規模のクローポール機および制御装置を用いて、広い速度範囲にわたって高出力トルクまたは発電出力を得ることができる。

【0076】また、同一の要求トルクまたは要求発電出力に対しては、クローポール同期機および制御装置をコ

ンパクトに設計することができ、小形化を実現することができる。

【0077】このように、クローボール同期機において、電機子電流の相差角 ϕ を制御して電機子電流 i_d による弱め界磁制御を行うことにより、相差角 ϕ の大きさに応じて、電機子電流の相差角 $\phi=0$ ($i_d=0$)の場合よりも、発電機運転時の発電出力または電動機運転時の出力トルク T_e を増大させることができる。

【0078】すなわち、図3または図4の特性を用いることにより、発電機運転の場合での要求発電出力または電動機運転の場合での要求トルクに対し、適切な電機子電流の相差角 ϕ (α または β)を選定して、同一の界磁電流 i_f および電機子電流 i の大きさで、相差角 $\phi=0$ の場合と比べて大きな発電出力 P_e または出力トルク T_e を得ることができる。

【0079】また、クローボール同期機の弱め界磁制御に用いられる相差角 ϕ の指令値マップは、要求発電出力または要求トルクが最高効率で得られるように、図3内の α の値または図4内の β の値が設定されている。

【0080】

【発明の効果】以上のように、この発明の請求項1によれば、インバータ電源による電機子電圧および電機子電流のベクトル制御と界磁電流制御とを組み合わせるクローボール同期機を制御する方法において、クローボール同期機を発電機として運転する場合は、クローボール同期機の要求発電出力および回転速度に基づいて界磁電流制御を行うとともに、電機子電流の大きさおよび相差角を制御して、電機子電流による弱め界磁制御を行うようにしたので、大形化およびコストアップを招くことなく発電制御性を向上させたクローボール同期機の制御方法が得られる効果がある。

【0081】また、この発明の請求項2によれば、請求項1において、クローボール同期機を発電機として運転する場合は、クローボール同期機の要求発電出力および回転速度に対応して、クローボール同期機の界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流の相差角の指令値とを関連付けた指令値マップをあらかじめ記憶し、指令値マップを参照することにより、クローボール同期機に通電すべき界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流の相差角の指令値を決定するようにしたので、大形化およびコストアップを招くことなく発電制御性を向上させたクローボール同期機の制御方法が得られる効果がある。

【0082】また、この発明の請求項3によれば、請求項2において、指令値マップは、電機子電流の相差角の指令値が、要求発電出力を最高効率で得るような値に設定されたので、大形化およびコストアップを招くことなく発電制御性を向上させたクローボール同期機の制御方法が得られる効果がある。

【0083】また、この発明の請求項4によれば、インバータ電源による電機子電圧および電機子電流のベクトル制御と界磁電流制御とを組み合わせるクローボール同期機を制御する方法において、クローボール同期機を電動機として運転する場合は、クローボール同期機により発生すべき要求トルクおよび回転速度に基づいて界磁電流制御を行うとともに、電機子電流の大きさおよび相差角を制御して、電機子電流による弱め界磁制御を行うようにしたので、大形化およびコストアップを招くことなく出力トルク制御性を向上させたクローボール同期機の制御方法が得られる効果がある。

【0084】また、この発明の請求項5によれば、請求項4において、クローボール同期機を電動機として運転する場合は、クローボール同期機の要求トルクおよび回転速度に対応して、クローボール同期機の界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流の相差角の指令値とを関連付けた指令値マップをあらかじめ記憶し、指令値マップを参照することにより、クローボール同期機に通電すべき界磁電流および電機子電流の大きさと電機子電流の相差角の指令値を決定するようにしたので、大形化およびコストアップを招くことなく出力トルク制御性を向上させたクローボール同期機の制御方法が得られる効果がある。

【0085】また、この発明の請求項6によれば、請求項5において、指令値マップは、電機子電流の相差角の指令値が、要求トルクを最高効率で得るような値に設定されたので、大形化およびコストアップを招くことなく出力トルク制御性を向上させたクローボール同期機の制御方法が得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1が適用されるクローボール同期機の磁極を簡略化して示す説明図である。

【図2】 この発明の実施の形態1によりクローボール同期機を電動機として運転する場合の弱め界磁制御による動作特性を示す説明図である。

【図3】 この発明の実施の形態1によりクローボール同期機を発電機として用いた場合の特性図である。

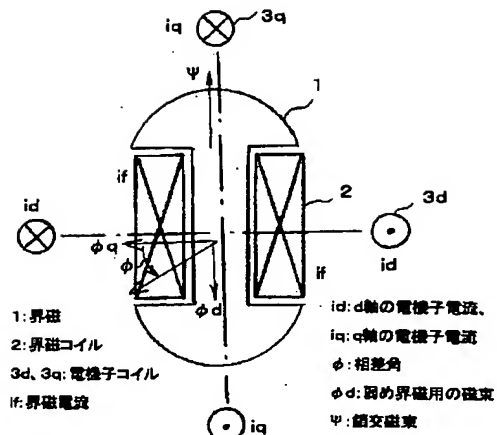
【図4】 この発明の実施の形態1によりクローボール同期機を電動機として用いた場合の特性図である。

【図5】 一般的な埋込形磁石を用いた同期機を概略的に示す磁極構成図である。

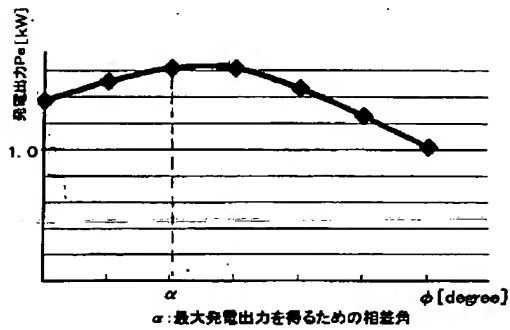
【符号の説明】

1 界磁、2 界磁コイル、3 d、3 q 電機子コイル、 i_f 界磁電流、 i_d d軸(弱め界磁用)の電機子電流、 i_q q軸の電機子電流、 ϕ 相差角、 α 最大発電出力を得るための相差角、 β 最大出力トルクを得るための相差角、 ϕ_d 弱め界磁用の磁束、 Ψ 、 Ψ_o 、 Ψ_1 鎖交磁束。

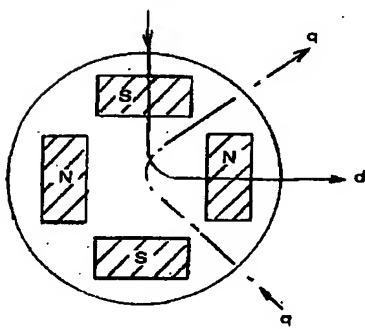
【図 1】



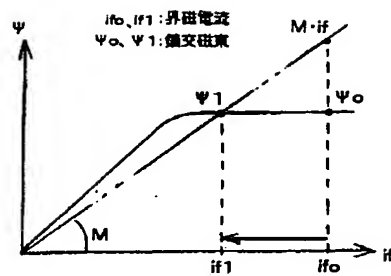
【図 3】



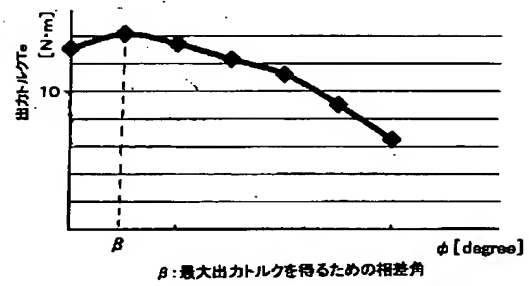
【図 5】



【図 2】



【図 4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H560 AA08 BB04 BB12 DC01 DC12
EB01 XA13 XA17
5H576 AA01 DD02 DD07 EE01 GG04
HB01 KK08 LL14 LL22 LL25
5H590 AA01 AA03 CA23 CC12 CC18
CC24 CC28 CD01 CD03 CE05
DD52 DD64 EB02 FA06 FB07
GA02 GA04 HA02 HA04 HA05
HA09 HA10